

GMDHによる水質予測のための計算

九州大学 工学部 学生員 林 健太郎

同 上 学生員 舘 久光

同 上 正員 栗谷 陽一

同 上 正員 楠田 哲也

1. はじめに 水質汚濁問題は、生活環境の面から、あるいは水資源の有効利用という面からも、近年、市民生活に、いっそう身近な問題となっている。下水道の普及、あるいは、法的な規制により、ひと頃のような状態から、回復したとはいえ、都市開発による汚濁水域の拡張、取水量の増加による河川流量の減少、富栄養化問題等、水質汚濁は、未だに進行状態にあるといっても過言ではない。このような状況の中では、水質汚濁問題を都市計画の一環として考える必要があるものと思われる。そのためには、水質汚濁のプロセスを明らかにし、将来水質の予測を行うことが必要かと思われる。前報では¹⁾、重回帰分析による水質の予測を試みたが、本来、非線形の形で水質に影響を与える因子を線形の形で用いていたため、今回は、GMDH法を用いて水質の予測を試みた。

2. 方法 水質予測のために用いた河川は、福岡市を中心とした博多湾に流入する主要12河川のうちの11河川である。水質項目には、BOD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、総窒素(以下、T-Nと称す)を用いた。水質予測の計算には、GMDHの手法を用いた。多項式近似によるGMDHの完全記述では、最初の因子として $x_i (i=1, m)$ を用いた場合、Kolmogorov-Gabrの(1)式があるが、現実には、この式より一度に有効な因子の選択を行うには、莫大の労力を要するので、本計算においては、(2)式を繰り返し用いることにより、多項式的表現を行っている。

$$Z = b_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i + \sum_{i,j=1}^m a_{ij} x_i x_j + \sum_{i,j,k=1}^m a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \quad (1)$$

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i + \sum_{i,j=1}^m a_{ij} x_i x_j \quad (y: \text{水質}, a_i: \text{回帰係数}, x_i: \text{因子}) \quad (2)$$

実際の計算では、(2)式とそのまゝ繰り返し行なうと(1)式同様、項数が莫大となるので、変数増減法を用いることにより、その都度、項数を特定の値に減少させ、残った項を中間変数として計算を繰り返した。計算を繰り返すごとに、重相関係数を求め、重相関係数の向上が止まった段階で計算を止めた。計算のための最初の因子には、水質を予測する上で関係があると思われる処理区域外人口、商業人口、工業人口、河川に排水する処理場の処理区域内の人口(以下、処理場人口と称す)、商業人口、工業人口、合流式処理区域内の人口、商業人口、工業人口、100人槽以上の浄化槽人口、流域面積、年間降水量、取水量、森林面積、農地面積の15個の中から、変数増減法による結果を考慮した上で、水質に強い影響を与えると思われるものを特定個選択した。なお、計算に際し、各人口については、流域面積で割った値、降水量、流域面積については、各々の逆数を用いた。

3. 結果及び考察 BODについて、15個の因子を用いて重回帰計算を行った場合の実測値と計算値を示すのが、図-1である。処理区域外人口、処理場人口、降水量、取水量、流域面積の5つの因子を用いて、同様の計算を行った結果を図-2に示す。これら5つの因子を最初の因子としてGMDH法により、計算した結果を図-3に示す。計算の繰り返し回数は、3回であった。図-4、図-5に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-NについてBODに用いたものと同様の因子を最初の因子として計算を行った結果を

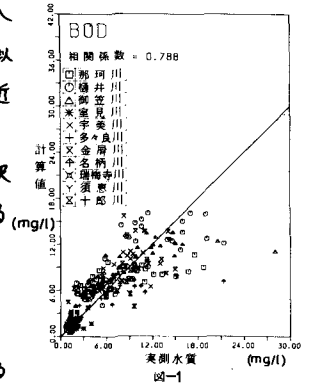


図-1

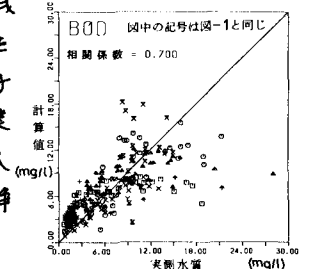


図-2

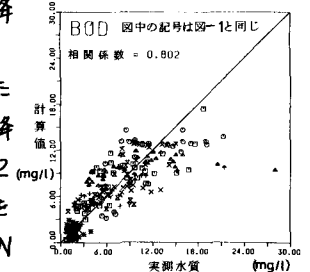


図-3

示す。NH₄-N、T-N共にBODと同様、繰り返し回数は3回であった。以上3つの水質についての最終段階における記述式を表-1に示す。全体的に見ると、同じような項が、各水質に共通して含まれており、特に、T-NとNH₄-Nでは、処理区域外人口密度、処理場人口密度に降水量の逆数をかけた項が残っており、降水量×流域面積を流量と考えると、人口/流量、処理場人口/流量の形となっている。BODについて、GMDH法による結果と、15個の因子を用いた重回帰計算の結果を比べると、図-3及び図-1から解るように、よく似た傾向を示している。T-N、NH₄-Nについても同様のことかといえる。(15個の因子での重回帰計算における重相関係数は、T-Nが0.924、NH₄-Nが0.894)

特に、BODについては、他の二つの水質と比べ、水質が高い所でのばらつきが大きくなっている。次に、最初の因子の選択の違いによる影響を見るため、因子の数を増やして計算を行った。追加因子には、上述の計算に用いた5個の因子のどれとも、相関が認められなかった処理場商業人口と合流式処理区域内商業人口、及びBODについて影響をもつと思われる処理区域外工業人口の以上3つとした。BOD、NH₄-N、T-Nについて それら8個の因子を最初の因子として、GMDH法により、計算を行った結果が、それぞれ 図-6～図-8である。全体的に見ると、最初の因子を5個とした場合に比べ、T-N、BODでは、重相関係数の向上が認められるが、NH₄-Nでは、あまり変化はなかった。個々について見ると、BODでは 図-1、図-3に共に認められた水質が悪い所でのばらつきが減り、全体的に均一な傾向となった。最終段階における記述式にも、処理区域外工業人口を含む項が多く残っており、このことは、BODでは、工業の影響が強いためと思われる。NH₄-Nで、あまり変化がなかったのは、NH₄-Nの負荷源が主に屎尿であり、さらにNH₄-Nは、処理場に流入すると、NO₂-N、NO₃-Nに変換されて、流出するためと思われる。NH₄-Nでは、最終段階の記述式にも、最初の因子を5個とした結果と比べても、大きな違いはなかった。T-Nは、窒素系化合物の総量としてとらえられるため、NH₄-Nに比べ、工業や処理場の影響が強く現われたようである。最終段階の記述式にも、処理区域外工業人口の外に、合流式処理区域内商業人口を含む項が残り、処理場人口を含む項も、最初の因子を5個とした結果とは、違った形が残った。以上の結果より、最初の因子の違いにより、計算結果にも、各水質項目ごとに違った傾向が認められ、また T-Nでは、実際に予測計算を行っても問題がない程度に実測値と計算値とがよく一致した。BOD、NH₄-Nでは、T-Nに比べ、多少ばらつきが大きかった。この原因としては、BOD、NH₄-Nでは、T-Nに比べ、自浄作用あるいは、NH₄-Nでの、NO₂-N、NO₃-Nへの変換等の影響が考えられ、これらの現象に相当する項を最初の因子として取り入れる必要があるものと考えられる。

参考文献

1) 林、藤、栗谷、棚田、回帰分析による水質予測のための計算、第37回年議、II-67、1982/10

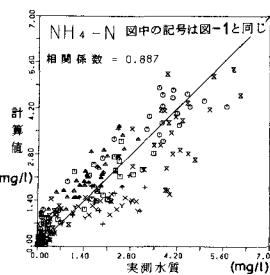


図-4

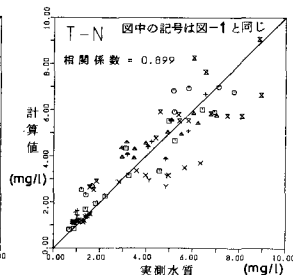


図-5

表-1

水質	最終段階における記述式
BOD	$y = 1.5x_1 - 0.9x_2^2 + 0.1x_1x_2 - 0.9(x_2)^2 + 1.1(x_1)^2x_2$
NH ₄ -N	$y = 0.8x_1x_2 - 0.2(x_1x_2)^2 + 0.8x_2x_3 - 0.4x_1x_2x_3 + 0.2x_1^2x_3x_5$
T-N	$y = 1.2x_1x_2 - 0.6(x_1x_2)^2 + 0.5x_2x_3 + 0.3x_1x_2x_3 + 0.2x_1^2x_2x_3x_5$

x_1 処理区域外人口	x_4 全面積の逆数
x_2 処理場人口密度	x_5 取水量
x_3 降水量の逆数	

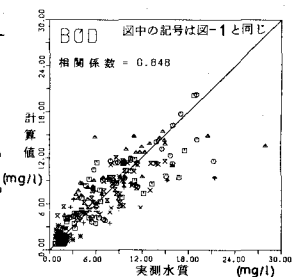


図-6

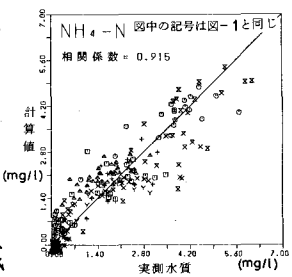


図-7

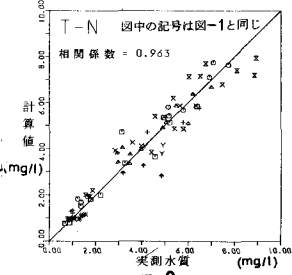


図-8